



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 39 24 745 C 2

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**H 01 J 19/24**  
H 01 J 1/30  
H 01 J 21/04

②① Aktenzeichen: P 39 24 745.7-33  
②② Anmeldetag: 26. 7. 89  
④③ Offenlegungstag: 8. 3. 90  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 25. 11. 93

DE 39 24 745 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

③⑩ Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
31.08.88 FR 88 11390

⑦③ Patentinhaber:  
Deutsch-Französisches Forschungsinstitut  
Saint-Louis, Saint-Louis, Haut-Rhin, FR

⑦④ Vertreter:  
Schwabe, H., Dipl.-Ing.; Sandmair, K., Dipl.-Chem.  
Dr.jur. Dr.rer.nat.; Marx, L., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.,  
Pat.-Anwälte, 81677 München

⑦② Erfinder:  
Hatterer, Francis, Kembs, FR

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:  
DE-OS 22 61 454  
US 37 46 905

⑤④ Feldemissionsdiode

DE 39 24 745 C 2

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Emissionsdiode gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Für die Beschleunigung von Geschossen durch elektromagnetische Kräfte werden oft elektrische Schaltkreise benötigt, in denen ein Widerstandskontakt mit einem Wert von praktisch Null hergestellt werden muß, der dazu bestimmt ist, den Durchgang von Strömen mit einer Stärke von mehr als 100 kA zu ermöglichen. Außerdem muß der Kontakt hergestellt werden, wenn der Spannungsunterschied zwischen den beiden in Betracht kommenden Elektroden sehr gering ist: einige hundert Volt.

Das Modell eines Schaltkreises für die elektromagnetische Beschleunigung auf Schienen und für die Entladung von Kondensatoren ist in der beigefügten Fig. 1 enthalten.

Eine Kondensatorenbank 1 wird anfänglich auf eine Spannung  $V_0$  (z. B.  $V_0 = 10$  kV) aufgeladen (8, 7). Nach dem Aufladen wird zum Zeitpunkt  $t : 0$  der Schalter 5 geschlossen (6 ist geöffnet). Der Strom  $I$  fließt dann in der Spule 2, in den Schienen 3a, 3b, und in dem Gleitkontakt 4a, der sich am Heck des Geschosses 4 befindet. Die Stromstärke nimmt zu, erreicht ein Maximum  $I_m$  und nimmt dann wieder ab, wie aus Fig. 2 ersichtlich ist: es handelt sich um eine klassische, gedämpfte, schwingende Entladung 10. Ein solcher zeitabhängiger Stromverlauf wird jedoch nicht gewünscht. Da die auf das Geschos 4 einwirkende Kraft  $F$  nämlich durch die Beziehung  $F = 1/2 L' I^2$  wiedergegeben wird (wobei  $L'$  die Selbstinduktivität pro Längeneinheit der Schiene abgibt), treten außerordentlich nachteilige Beschleunigungsschwankungen auf, die das Geschos 4 beschädigen können. Außerdem wird am Ausgang der Schiene keine Höchstgeschwindigkeit erreicht werden. Die besten Betriebsbedingungen würden erzielt werden, wenn die Stromstärke ihren Wert  $I_m$  während der gesamten Beschleunigungsphase beibehalten könnte; dies ist leider nicht möglich. Eine Lösung, mit der diese ideale Bedingung annähernd erreicht werden kann, besteht darin, den Schalter 6 zum Zeitpunkt  $t_1$  zu schließen. Dies führt dazu, daß die gesamte elektrische Energie, die ursprünglich in dem Kondensator 1 mit der Kapazität  $C$  ( $W = 1/2 C V_0^2$ ) gespeichert war, sich zum Zeitpunkt  $t_1$  in der Drosselspule 2 ( $W = 1/2 L I^2$ ) befindet. Die Energie im Kondensator 1 ist dann gleich Null, denn der Spannungsunterschied ddp an den Klemmen dieses Kondensators ist gleich Null, wie aus der Fig. 2b ersichtlich ist.

Der Strom hat dann einen zeitabhängigen Verlauf wie mit der Kurve 11 in Fig. 2a dargestellt. Außerdem ist es infolge des Schließens des Schalters 6 zum Zeitpunkt  $t_1$  möglich, den Spannungsunterschied ddp an den Klemmen des Kondensators in der Nähe von Null zu halten, woraus sich der große Vorteil ergibt, weniger raumaufwendige und weniger kostspielige Kondensatoren verwenden zu können, weil diese keiner Sperrspannung ausgesetzt sind.

Die an den Schalter 6 gestellten Anforderungen ergeben sich aus der obigen Beschreibung:

- Öffnung (unendlicher Widerstand) während des Anstiegs der Stromstärke, Betrieb bei geschlossenem Schalter zum richtigen Zeitpunkt, d. h. idealerweise zum Zeitpunkt  $t_1$  (dieser Betrieb kann gesteuert werden, aber ein automatischer Betriebsablauf ist vorzuziehen).

- Wie bei jedem in Betracht kommenden Schalter,

ist ein Betrieb nur möglich, wenn der Spannungsunterschied ddp zwischen den Elektroden gleich Null ist; eine sehr schwache Sperrspannung muß zugelassen werden (unterhalb der für den Kondensator erträglichen Sperrspannung, d. h. ca.  $0,1 V_0$ ); ein Höchstmaß an Zuverlässigkeit ist erforderlich;

- seine Widerstandsfähigkeit muß so hoch sein, daß er von mehreren hundert kA und sogar von einigen MA durchflossen werden kann;

- er muß eine große Anzahl von Entladungen aushalten können, ohne daß er ausgewechselt werden muß.

Es sind bereits im Handel verfügbare Schalter bekannt, wie z. B. die Ignitrons, die durch eine gesteuerte Gasentladung betrieben werden, oder die Halbleiterdioden.

Im allgemeinen sind diese Schalter störanfällig, in der maximalen Stromaufnahme begrenzt, — in diesem Falle müssen mehrere Schalter parallel geschaltet werden —, oder in der anwendbaren Klemmenspannung begrenzt, wobei in diesem Falle mehrere Schalter in Reihe geschaltet werden müssen. Solche Schaltvorgänge sind immer schwierig und erhöhen die Störanfälligkeit der Gesamtanordnung.

Feldemissionsdioden oder Dioden mit kalter Emission sind bereits bekannt. Das Prinzip der Feldemission ist seit zahlreichen Jahren bekannt.

Die als Anlage beigefügte Fig. 3 zeigt eine Realisierungsart einer Feldemissionsdiode 6, bestehend aus einer Kathodenspitze 15, die in ein leitendes Halterungsteil 26 eingefügt ist, und aus einer Anode 18, die eine ebene Anodenoberfläche 18a aufweist. Kathode und Anode sind in einem Vakuumgehäuse 14 enthalten.

Das Halterungsteil 26 mit der Kathode und die Anode 18 weisen alle beide die Verlängerungen 26b und 18b auf, mit deren Hilfe die elektrische Verbindung zwischen der Diode und einer außerhalb befindlichen Schaltkreisanordnung hergestellt werden kann.

Wird an die Kathodenspitze ein starkes elektrisches Feld angelegt ( $> 10^6$  V/m), so emittiert diese Elektronen, ohne daß es notwendig ist, die Kathodenspitze aufzuheizen. Unter Bezugnahme auf die Fig. 4 werden solche Werte des Feldes  $E$  erreicht, indem ein hohes Potential  $V$ , angelegt an die Anode, zusammenfällt mit einer großen Feinheit (und demzufolge kleinem Krümmungsradius  $R$ ) der Spitze. Mit Werten von  $R$  in der Größenordnung von  $10 \mu\text{m}$  wird somit die Feldemission, und demzufolge die Leitfähigkeit zwischen den Elektroden, mit Werten von  $V$  von mehreren Kilovolt gewährleistet.

Wird dagegen an die Anode ein negatives Potential angelegt, ist die Diode nicht mehr leitend.

Eine derartige Feldemissionsdiode wäre demnach für den nachstehend beschriebenen Anwendungszweck gut geeignet, denn sie kann von Strömen von sehr hoher Intensität durchlaufen werden. Leider erfolgt die Stromleitung in die Richtung, die als "Durchlaßrichtung" ( $V$  positiv) bezeichnet wird, nur bei hohen Werten von  $V$  (einige Kilovolt); dies ist auch der Fall, wenn sehr feine emittierende Spitzen ( $R = \text{ca. } 4 \text{ bis } 5 \mu\text{m}$ ) aus Wolfram oder aus Kohlenstoff verwendet werden.

Die technische Fertigung dieser Spitzen ist relativ kompliziert und Krümmungsradien, die weniger als einige Mikrometer aufweisen, konnten unseres Wissens nicht realisiert werden. Aber selbst wenn feinere Spitzen gefertigt werden könnten, würde ihre mechanische Zerbrechlichkeit zu Problemen führen.

Eine vergleichbare Feldemissionsvorrichtung ist aus

der DE-OS 22 61 454 bekannt. Diese soll jedoch mittels einer möglichst hohen Spannung hochenergetische Elektronen erzeugen, die beim Aufprall auf Materie Röntgenstrahlen auslösen.

Die US 3 746 905 betrifft eine Elektronenstrahlröhre, die relativ hohe Ströme auslösen können soll. Diese besteht gattungsgemäß aus einer Anode und einer Vielzahl in einen Isolator eingegossener sehr dünner Filamente, die die Anode bilden.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die oben aufgeführten Schwierigkeiten zu beseitigen, indem eine Feldemissionsdiode hergestellt wird, die konstruktiv vereinfacht und robust ist und sich gleichzeitig leicht herstellen läßt.

Diese Aufgabe wird durch eine Feldemissionsdiode mit den im Patentanspruch 1 aufgeführten Merkmalen gelöst.

Zweckmäßige Ausgestaltungen gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Entsprechend der Erfindung umfassen die besagten emittierenden Teile emittierende Oberflächen, die durch Ränder von dünnen Schichten, bestehend aus einem dritten leitenden Material, gebildet werden und auf isolierenden Bauteilen aus dielektrischem Werkstoff von vorgegebener Dicke aufgebracht sind, die an den vorgenannten Halterungselementen befestigt sind, wobei die besagten dünnen Schichten von vorgegebener Dicke in elektrischem Kontakt stehen mit den besagten Halterungselementen, und wobei die oben genannten emittierenden Oberflächen genau parallel zu den besagten Anodenoberflächen verlaufen.

Man erhält somit emittierende Oberflächen von sehr geringer Dicke zwischen  $0,1\text{ }\mu\text{m}$  und  $1\text{ }\mu\text{m}$ , die demzufolge einen sehr kleinen Krümmungsradius aufweisen, wodurch es möglich ist, den Schwellenwert des Leitungspotentials auf einige hundert Volt zu senken, im Gegensatz zu den Feldemissionsdioden früherer Fertigungsart, bei denen die Stromwendespannungen mehrere Kilovolt erreichen können.

Bei einer vorteilhaften Realisierungsart der Erfindung haben die vorgenannten isolierenden Teile eine ausgesprochen parallele Form und sind parallel zueinander angeordnet, und die emittierenden Oberflächen befinden sich alle im gleichen Abstand von den besagten Anodenoberflächen, wobei die vorgenannten dünnen Schichten Ebenen bilden, die parallel zueinander und rechtwinklig zu den besagten Anodenoberflächen verlaufen. Diese Anordnung gestattet es, die emittierenden Oberflächen zu vergrößern und demzufolge den von der Kathode emittierenden Elektronenfluß zu erhöhen. Ein gleicher Abstand zwischen den verschiedenen emittierenden Oberflächen und der Anode gewährleistet eine gleichmäßige Verteilung der Elektronenemission und begrenzt die Beschädigung der emittierenden Oberflächen.

Die Erfindung wird nachfolgend an mehreren Ausführungsbeispielen erläutert.

Zu den anliegenden Zeichnungen, die als nicht erschöpfende Beispiele anzusehen sind:

- die Fig. 1 ist ein vereinfachtes Schema eines Stromversorgungssystems für einen elektromagnetischen Schienenbeschleuniger;
- die Fig. 2a zeigt den zeitabhängigen Stromverlauf in dem Gleitkontakt unter zwei besonderen Bedingungen: gedämpftes Schwingungsverhalten und Schaltversuch;
- die Fig. 2b zeigt den zeitabhängigen Verlauf der

Spannung an den Klemmen des Kondensators des Stromversorgungssystems unter den gleichen Bedingungen wie in der vorhergehenden Figur;

— die Fig. 3 zeigt die vereinfachte Struktur einer Feldemissionsdiode mit emittierender Spitze;

— die Fig. 4 ist eine vergrößerte Ansicht des Endes der in Fig. 3 dargestellten emittierenden Spitze;

— die Fig. 5 zeigt die Struktur einer erfindungsgemäßen Feldemissionsdiode mit emittierender Schneide;

— die Fig. 6A zeigt die Struktur einer Feldemissionsdiode mit mehreren Lamellen mit emittierender Schneide;

— die Fig. 6B zeigt die ausführliche Struktur der Kathode;

— die Fig. 7 zeigt eine weitere vorteilhafte röhrenförmige Feldemissionsdiodenstruktur mit zentraler Kathodenelektrode;

— die Fig. 8 zeigt das Arbeitsprinzip einer röhrenförmigen Feldemissionsdiode, wie sie in Fig. 7 dargestellt ist;

— die Fig. 9a veranschaulicht einen Versuchsschaltkreis hoher Leistung einer erfindungsgemäßen Feldemissionsdiode mit emittierender Schneide;

— die Fig. 9b ist eine Seitenansicht der Elektroden der Feldemissionsdiode mit emittierender Schneide, die mit dem Versuchsschaltkreis der Fig. 9a getestet wurde;

— die Fig. 9c ist eine Vorderansicht der in der Fig. 9b dargestellten Elektroden;

— die Fig. 10a ist eine experimentelle Aufzeichnung des zeitabhängigen Verlaufes des Stromes und der Spannung in der in den Fig. 9b und 9c dargestellten Feldemissionsdiode mit emittierender Schneide bei einem ersten Schaltversuch;

— die Fig. 10b ist eine experimentelle Aufzeichnung des zeitabhängigen Verlaufes des Stromes und der Spannung in der gleichen Diode anlässlich des zwanzigsten Schaltvorganges;

— die Fig. 10c ist eine vergrößerte Ansicht der experimentellen Aufzeichnung der Spannung, dargestellt in der Fig. 10b.

Die erfindungsgemäße Diode mit emittierender Schneide hat eine Kathode 25, deren Struktur in der Fig. 5 dargestellt ist.

Eine Metallschicht 21 ist auf eine sehr dünne dielektrische Halterung 27 aufgetragen, im Prinzip mit einer Dicke E2 von weniger als einem Millimeter, bestehend aus Mylar (Äthylenglykopolyterephthalat), Glas oder Keramik. Dieser Metallüberzug kann mit Hilfe von bekannten Verfahren erhalten werden, wie zum Beispiel durch Aufdampfen im Vakuum oder durch Kathodenzerstäubung, und seine Dicke E1 liegt im allgemeinen zwischen  $0,1\text{ }\mu\text{m}$  und  $1\text{ }\mu\text{m}$ . Der Rand 20 der dünnen Schicht 21, der sich gegenüber der Anodenoberfläche 18a befindet, ist die emittierende Oberfläche der erfindungsgemäßen Diode. Der Abstand D zwischen den Elektroden liegt vorzugsweise zwischen  $0,2\text{ mm}$  und  $1\text{ mm}$ . Mehrere gleichartige Strukturen können vorteilhafterweise übereinanderliegend angeordnet werden, wie in Fig. 6a angeregt ist. Jede emittierende Struktur 35 umfaßt ein isolierendes Element 37, auf das eine isolierende Metallschicht 30 aufgetragen wird. Diese dünne Schicht kann aus Aluminium, Silber, Wolfram oder Kohlenstoff bestehen. Ein Halterungsteil 36, bestehend aus einem leitenden Werkstoff, z. B. aus Aluminium, nimmt sämtliche



emittierenden Strukturen 35 auf und verfügt über eine Verlängerung 36b, die dazu dient, die Kathode mit außerhalb befindlichen Anordnungen zu verbinden. Ebenso verfügt die Anode 18 über eine Verlängerung 18b, um die elektrische Verbindung von der erfindungsgemäßen Diode nach außen zu gewährleisten, und weist im allgemeinen eine zylindrische Form auf.

Bei einer besonderen Realisierungsart der Kathode werden unter Bezugnahme auf die Fig. 6b durch Distanzstücke 38 aus feuerfestem Metall die verschiedenen emittierenden Strukturen 35 voneinander getrennt. Diese Distanzstücke, von parallelfacher Form, gewährleisten die Halterung der emittierenden Strukturen 35, die sehr dünn und demzufolge sehr anfällig sind (ihre Dicke liegt unter einem Millimeter). Ihre feuerfeste Beschaffenheit ermöglicht eine bessere Konzentrierung der Elektronenemission aus den emittierenden Oberflächen 30. Ein sehr guter elektrischer Kontakt zwischen diesen emittierenden Oberflächen und dem Halterungsteil 36 muß gewährleistet sein.

Die Distanzstücke 38 und das Halterungsteil 36 müssen sehr ebene Kontaktflächen 38a aufweisen.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Realisierungsart der Erfindung, kann die emittierende Struktur unter Bezugnahme auf die Fig. 7 röhrenförmig gestaltet sein.

Eine isolierende Röhre 47 umgibt ein Kathodenhalterungsteil 46 von zylindrischer Form. Die sehr flache Oberfläche 46a des Halterungsteils 46 ist gegenüber der kreisrunden emittierenden Oberfläche 40 zurückversetzt angeordnet, die aus dem Rand einer dünnen Schicht 41 gebildet wird, die auf die Randfläche der isolierenden Röhre 47 aufgetragen wurde. Der Durchmesser dieser Röhre wurde so gewählt, daß er kleiner als der Durchmesser der Anode 18 ist.

Diese Kathodenkonfiguration hat eine vorteilhafte technische Wirkung. Bei einer Schaltung der erfindungsgemäßen Feldemissionsdiode 66 setzt nämlich die Elektronenemission 50 unter Bezugnahme auf die Fig. 8 an der kreisrunden emittierenden Oberfläche 40 ein. Es erfolgt dann eine Oberflächenzerstäubung der Anode 18 durch das Auftreffen der Elektronen und es bildet sich ein Plasma 51 in dem Raum zwischen den Elektroden. Bei der Zunahme des Stromes und während der Ausdehnung des Plasmas werden Stromlinien auf die Achse der Oberfläche 46a konzentriert, was eine Verdampfung der dünnen emittierenden Schicht 41 verhindert, die als Zündsystem fungiert und dabei gleichzeitig das Durchlaufen von Strömen hoher Intensität, die von der zentralen Kathodenoberfläche 46a herkommen, gewährleistet.

Es besteht natürlich die Möglichkeit, mehrere konzentrische röhrenförmige Schichten auf ein- und denselben Kathodenhalterungsteil anzubringen.

Es wird jetzt die Erprobung eines Prototyps der erfindungsgemäßen Feldemissionsdiode beschrieben.

Die nachstehend beschriebene Erprobung erfolgte unter Bedingungen, die für einen Einsatz der Diode in einem Stromversorgungsschaltkreis eines elektromagnetischen Schienenbeschleunigers repräsentativ sind.

Unter Bezugnahme auf die Fig. 9a besteht der Testschaltkreis aus einem Energiespeicherungskondensator 80 mit einer Kapazität von 62,5  $\mu\text{F}$ , aus einem Widerstand 81 zur Begrenzung des Maximalstromes mit einem Widerstandswert von 0,1 und aus einer Spule 82 von 15  $\mu\text{H}$ .

Diese drei Komponenten: Kondensator 80, Widerstand 81 und Spule 82, sind in Serie geschaltet über einen angesteuerten Schalter 83 vom Typ Funkenstrek-

ke.

Eine erfindungsgemäße Feldemissionsdiode 6 ist an den Klemmen der Spule 82 angeordnet, wobei ihre Anode mit einer der Klemmen des Widerstandes 81 in Verbindung steht und ihre Kathode geerdet ist. Die anfängliche Aufladung des Speicherkondensators 80 erfolgt durch eine Hochspannungsquelle  $V_0$ , z. B. mit einer Spannung von 10 kV, über einen Widerstand 85 mit einem Widerstandswert von 1 M. Eine Spannungs-sonde 84 ist in Höhe der Anode der Diode 6 angebracht. Eine nicht dargestellte Stromsonde ist vorgesehen. Die in diesem Schaltkreis getestete Feldemissionsdiode 6 weist eine einzigartige parallele flache emittierende Struktur auf, wie aus den Fig. 9b und 9c ersichtlich ist. Die Anode 98, gefertigt aus gesintertem Wolfram, hat eine zylindrische Form mit einem Außendurchmesser  $D1 = 20$  mm, ihre Anodenfläche 98a hat einen Durchmesser  $D2$  von 12 mm.

Das Kathodenhalterungsteil 96 hat eine ausgesprochen parallele flache Form und ist aus Aluminium gefertigt. Es nimmt eine emittierende Struktur 91 auf mit einer Breite  $A4$  von 8 mm und mit einer Dicke von 10  $\mu\text{m}$ . Diese emittierende Struktur besteht aus einer Mylarfolie (Äthylenglykopolyterephthalat), auf die vorher eine dünne Metallschicht aus Aluminium von 0,5  $\mu\text{m}$  Dicke aufgetragen wurde.

Das Halterungsteil 96 weist eine der Anodenoberfläche 98a gegenüber liegende Fläche mit quadratischem Querschnitt und einer Seitenlänge von 12 mm  $A3, A5$ , auf, auf der die vorstehend beschriebene emittierende Lamelle 95 angeordnet ist. Die Außenabmessungen  $A6$  dieser Fläche, in senkrechter Richtung zu der Hauptrichtung der emittierenden Lamelle 95 verlaufend, betragen 15 mm. Der Abstand  $D$  zwischen den Elektroden beträgt 0,5 mm.

Eine Erprobung der Feldemissionsdiode 6 läuft charakteristischerweise wie folgt ab:

a) Der Speicherkondensator wird zunächst mittels einer äußeren Hochspannungsquelle  $V_0$  über den Ladewiderstand 85, den Widerstand 81 für die Begrenzung des Maximalstromes und die Spule 82 aufgeladen.

b) Sobald die Spannung an den Klemmen des Kondensators 80 praktisch den Wert der Ladespannung  $V_0$  erreicht hat, wird ein Hochspannungsimpuls  $V$  an die Steuerelektroden der Funkenstrecke 83 gelegt, wodurch die Schließung des gedämpften Schwingkreises (Kondensator 80, Widerstand 81, Spule 82) bewirkt wird.

c) Die Anoden-/Kathodenspannung an den Klemmen der Diode 6, ursprünglich negativ und praktisch gleich der Ladespannung  $V_0$ , steigt in einem gewissermaßen sinusförmigen Verlauf an und erreicht einen positiven Schaltspannungswert  $v_{\text{com}}$  in der Größenordnung von 500 V, der demnach gegenüber der Anfangsspannung  $V_0$  (10 kV) sehr gering ist.

d) Die Diode 6 wird jetzt stromdurchlässig; sie schließt somit die Spule 82 kurz und bewirkt eine sozusagen exponentielle Abnahme des Stromes in diese Spule.

Der Verlauf der Stromstärke und der Spannung der Diode 6 ist in den Fig. 10a und 10b dargestellt, die dem ersten Versuch mit der emittierenden Lamelle beziehungsweise dem zwanzigsten Versuch entsprechen.

Man stellt fest, daß die Kurven 102, 103 sehr stark den

Kurven 100, 101, ähneln, die dem ersten Versuch entsprechen. Lediglich eine leichte Zunahme der Schaltspannung kann vielleicht beobachtet werden. Unter Bezugnahme auf die Fig. 10c bleibt dagegen die Spannung im leitenden Zustand vernachlässigbar gegenüber der Sperrspannung und gegenüber der Schaltspannung  $V_{com}$ . Diese Werte der Schaltspannung und der Spannung im leitenden Zustand müssen verglichen werden mit den sehr hohen Werten, die mit emittierenden Strukturen früherer Fertigungsart erhalten wurden. Als Beispiel sei angeführt, daß eine ähnliche Erprobung, durchgeführt mit einer Kohlenstoffaserkathode, zu einer Schaltspannung von ca. 2,7 kV führte.

Auch die Verwendung von scharf geschliffenen metallischen Kathoden, vom Rasierklingentyp, führte zu einer Schaltspannung, die bei der ersten Entladung 3 kV und bei der dritten Entladung bereits 7,5 kV erreichte, wobei die Spannung im leitenden Zustand stets sehr niedrig blieb.

Die Erfindung beschränkt sich selbstverständlich nicht auf die soeben beschriebenen Beispiele, die zahlreiche Änderungen erfahren können, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu überschreiten.

Die erfindungsgemäße Feldemissionsdiode kann somit in anderen Schaltkreisen der Impulselektrotechnik verwendet werden, die Hochleitungsschalter erfordern.

#### Patentansprüche

1. Feldemissionsdiode, bestehend aus einem Vakuumgehäuse (6), aus Anodenelementen (18), die in dem besagten Gehäuse untergebracht und aus einem ersten leitenden Material gefertigt sind und sehr glatte Anodenoberflächen (18a) aufweisen, aus Anschlußteilen (18b) für die Anode, die von dem vorgenannten Gehäuse nach außen führen, aus Kathodenelementen (15, 25, 35, 45), die in dem besagten Gehäuse untergebracht sind und
  - emittierende Teile für die Abstrahlung der Elektronen zu den besagten Anodenelementen (18) hin, die genau gegenüber den besagten Anodenelementen angeordnet sind und gegenüber den letzteren einen im voraus festgelegten Abstand (D) aufweisen, und mit isolierendem dielektrischem Werkstoff in Kontakt stehen, wobei der Werkstoff mit
  - Bauteilen (26, 36, 46) für die Halterung besagter emittierender Teile, bestehend aus Anschlußelementen (26b, 36b, 46b) für die Kathode, gefertigt aus einem zweiten leitenden Material und von dem besagten Gehäuse nach außen führend in Verbindung steht,
 dadurch gekennzeichnet, daß die besagten emittierenden Teile emittierende Oberflächen (20, 30, 40) umfassen, die durch die Ränder von dünnen Schichten (21, 31, 41), bestehend aus einem dritten leitenden Material, gebildet werden und auf isolierenden Bauteilen (27, 37, 47) aus dem dielektrischen Werkstoff von einer vorgegebenen Dicke (E2) aufgebracht sind, die an den vorgenannten Halterungselementen (26, 36, 46) befestigt sind, wobei die besagten dünnen Schichten (21, 31, 41) von vorgegebener Dicke (E1) in elektrischem Kontakt stehen mit den besagten Halterungselementen (26, 36, 46), und wobei die oben genannten emittierenden Oberflächen (20, 30, 40) genau parallel zu den besagten Anodenoberflächen (18a) verlaufen.
2. Feldemissionsdiode gemäß Anspruch 1, dadurch

gekennzeichnet, daß die vorgenannten isolierenden Teile (37) eine ausgesprochen parallele Form aufweisen und parallel zueinander angeordnet sind, und daß die besagten emittierenden Oberflächen (30) sich alle im gleichen Abstand (D) von den vorgenannten Anodenoberflächen (18a) befinden, wobei die besagten dünnen Schichten (31) Ebenen bilden, die parallel zueinander und rechtwinklig zu den besagten Anodenoberflächen (18a) verlaufen.

3. Feldemissionsdiode gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die vorgenannten Teile (36) für die Halterung der besagten emittierenden Teile (30) außerdem mit Distanzstücken (38) aus feuerfestem Material versehen sind, die eine stark parallele Form aufweisen und zwischen die besagten isolierenden Teile eingefügt werden, und daß die Gesamtanordnung, bestehend aus den vorgenannten Distanzstücken (38), den besagten isolierenden Teilen (37) und den vorgenannten dünnen Schichten (31), eine Oberfläche aufweist, die den besagten emittierenden Flächen (30) gegenüber liegt, eben ist (38a) und in elektrischem Kontakt steht mit den vorgenannten Anschlußteilen (36b), den besagten isolierenden Teilen (37), und wobei die vorgenannten dünnen Schichten (31), entsprechend einer senkrecht zu den besagten emittierenden Oberflächen (30) verlaufenden Richtung, eine Dicke aufweisen, die stärker als diejenige der besagten Distanzstücke (38) ist.

4. Feldemissionsdiode gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die vorgenannten isolierenden Teile (47) konzentrische Röhren sind, deren Achse senkrecht zu den besagten Anodenflächen (18a) verläuft und die einen ausgesprochen parallelen Querschnitt aufweisen, wobei die vorgenannten dünnen Schichten (41) auf die Außenflächen der besagten konzentrischen Röhren aufgetragen sind.

5. Feldemissionsdiode gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die besagten Anodenteile (18) aus einer Vollscheibe bestehen, und daß die vorgenannten Anodenanschlußteile (18b) von dem besagten Gehäuse (6) längs der Achse der Vollscheibe nach außen führen, wobei die ausgesprochen ebene Anodenoberfläche (18a) die Scheibenfläche ist, die den Anodenanschlußteilen (18b) gegenüber liegt.

6. Feldemissionsdiode gemäß den Ansprüchen 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß die besagten isolierenden Teile aus einer einzigen isolierenden Röhre (47) bestehen, und daß die besagten Halterungsteile (46) in das Innere der besagten isolierenden Röhre (47) führen und eine ausgesprochen ebene scheibenförmige Kathodenfläche (46a) aufweisen, die der besagten Anodenfläche (18a) gegenüber liegt und parallel mit der letzteren verläuft, wobei die besagte Kathodenfläche (46a) im Verhältnis zu der besagten emittierenden Oberfläche (40) stark zurückversetzt und gegenüber der Anodenfläche (18a) angeordnet ist.

7. Feldemissionsdiode gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der im voraus festgelegte Abstand D, der die besagten emittierenden Teile (20, 30, 40) von den vorgenannten Anodenflächen (18a) trennt, zwischen 0,2 mm und 1 mm liegt.

8. Feldemissionsdiode gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die im voraus festgelegte Dicke (E1) der besagten dünnen Schich-

ten (21, 31, 41) zwischen 0,1  $\mu\text{m}$  und 0,5  $\mu\text{m}$  liegt.

9. Feldemissionsdiode gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die besagte, im voraus festgelegte Dicke (E2) der vorgenannten isolierenden Teile (27, 37, 47) unter 1 mm liegt und vorzugsweise annähernd 10  $\mu\text{m}$  beträgt. 5

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

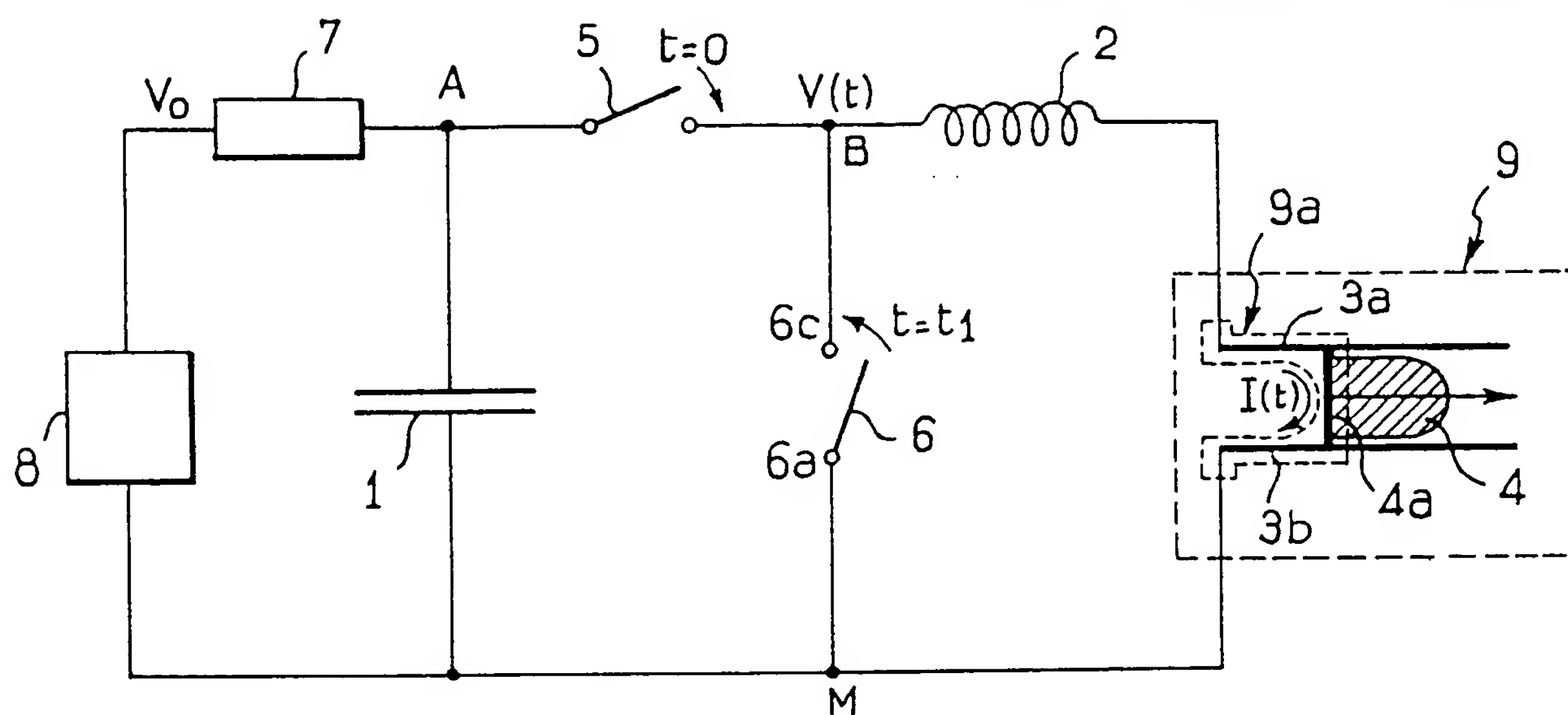


FIG. 1

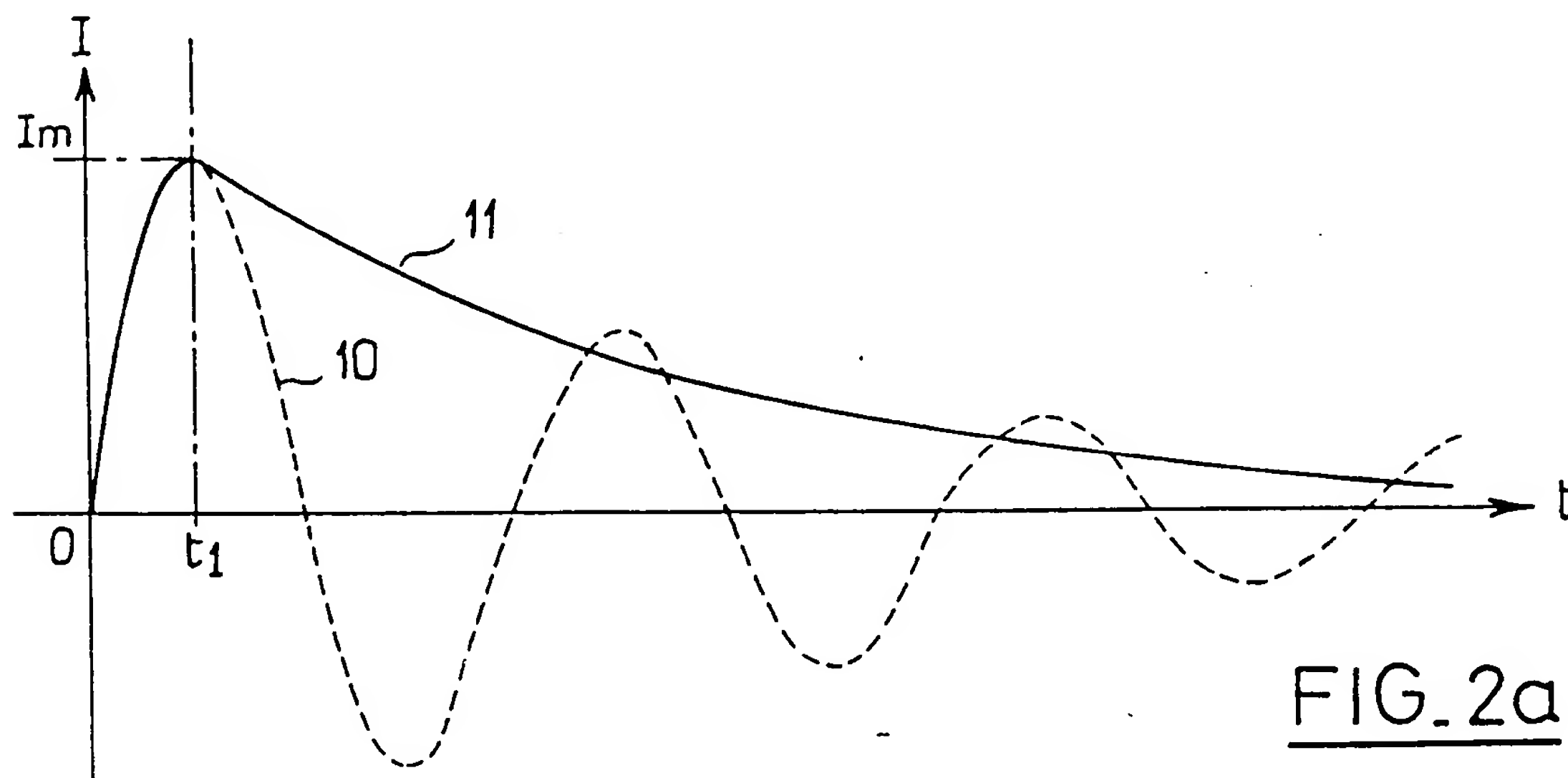


FIG. 2a

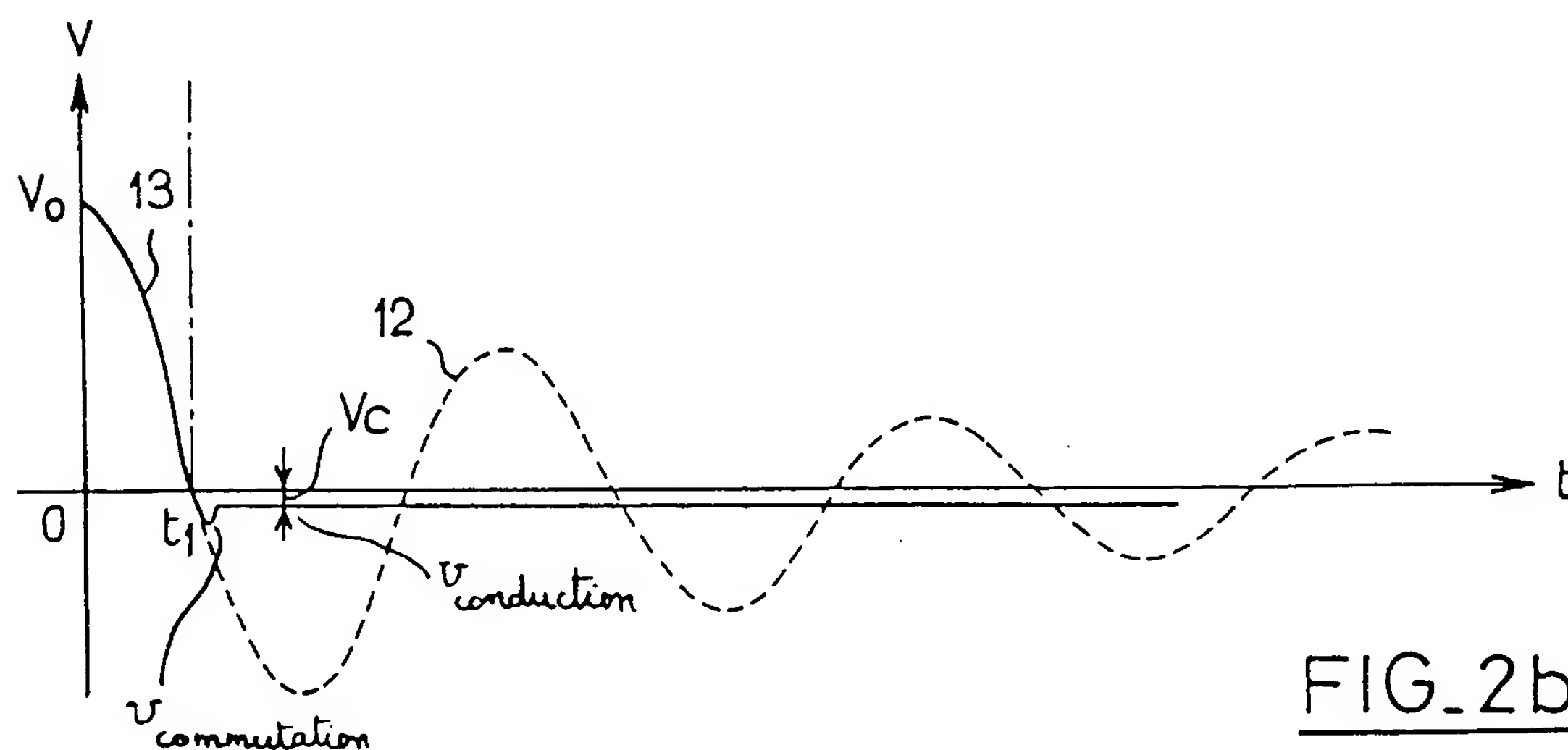


FIG. 2b

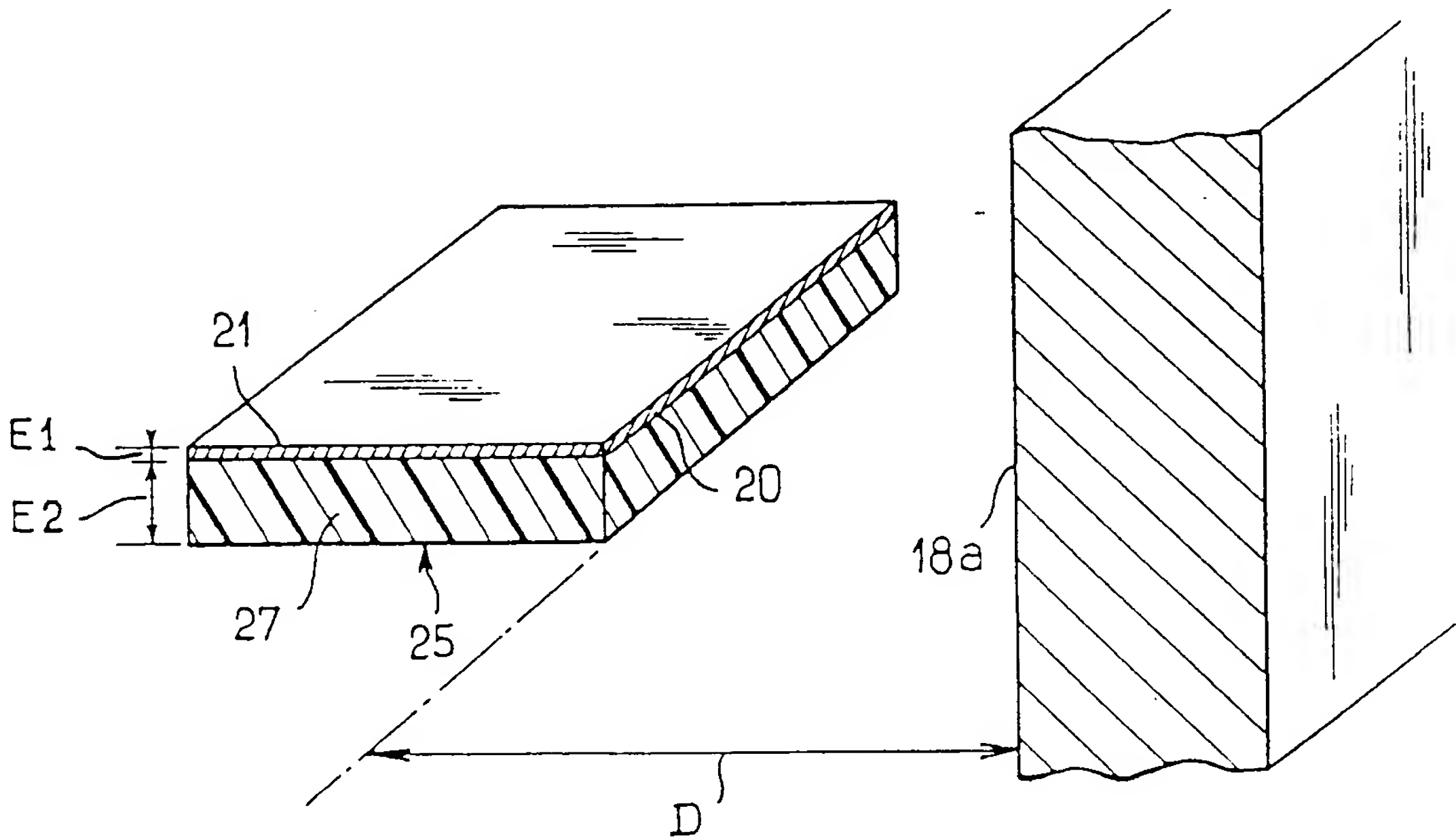
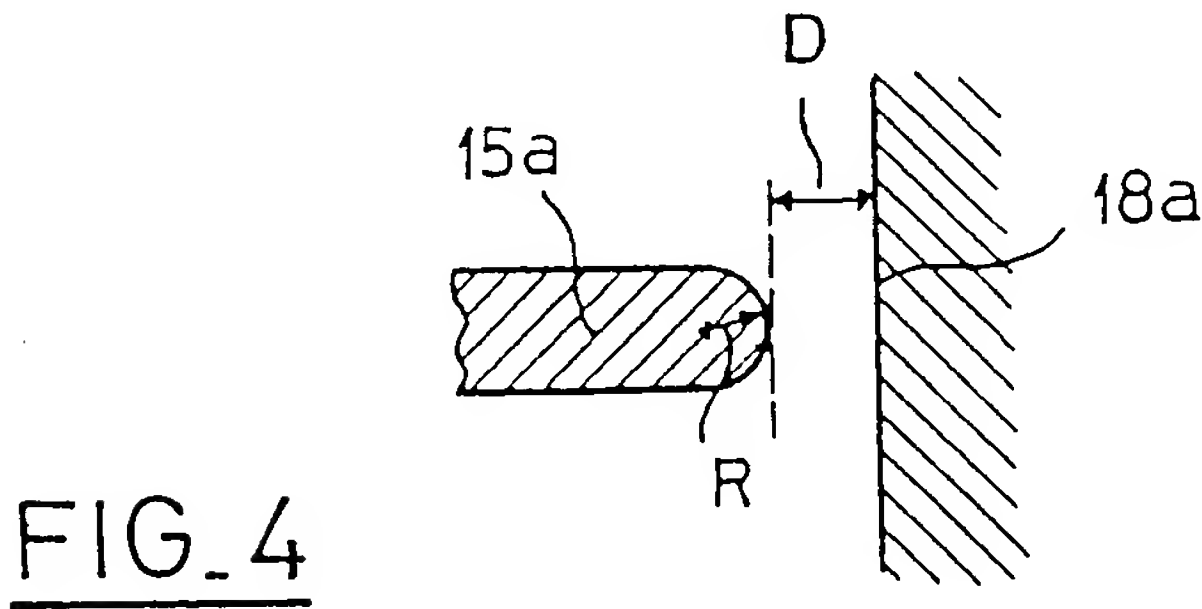
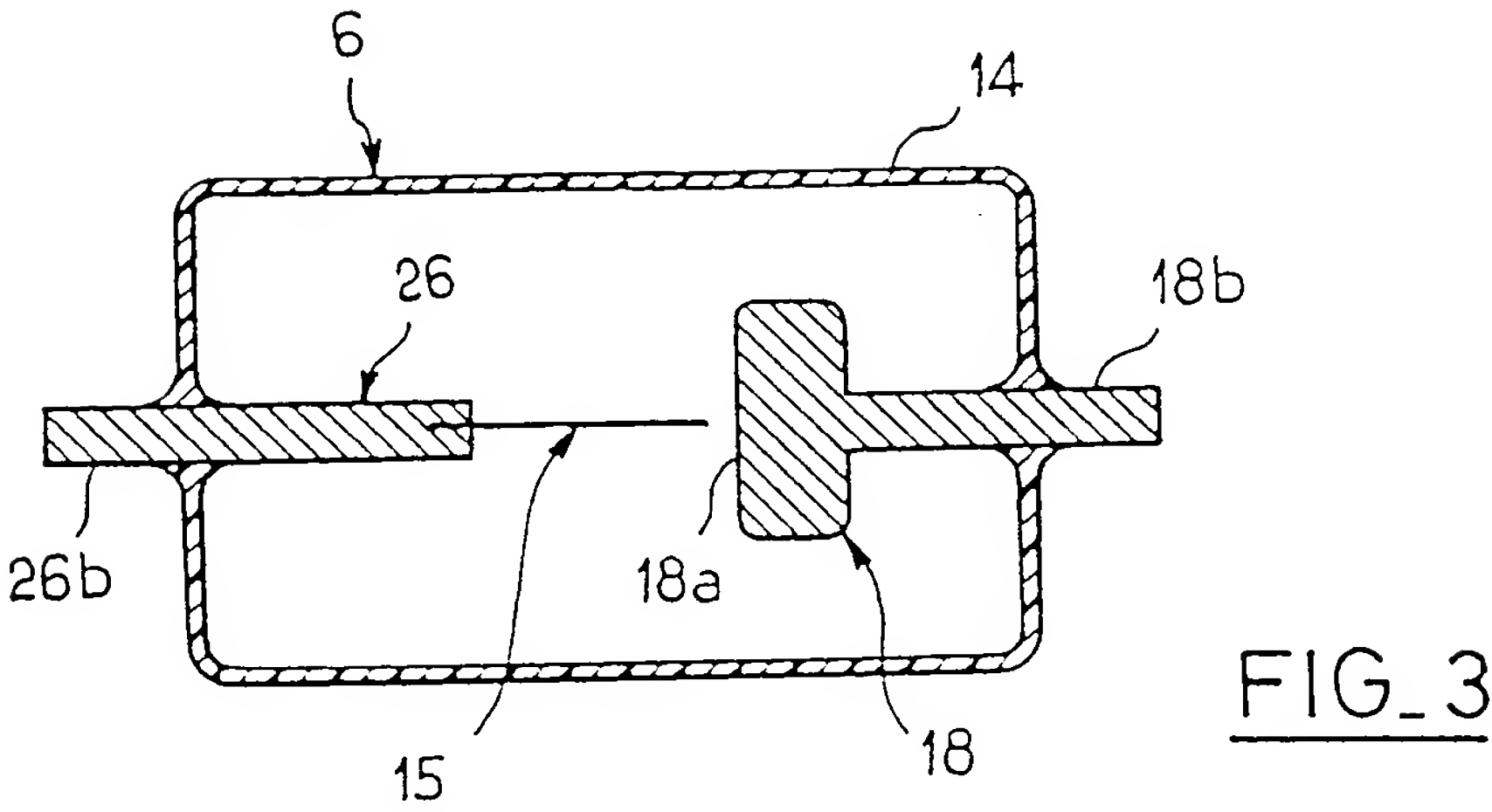


FIG. 5



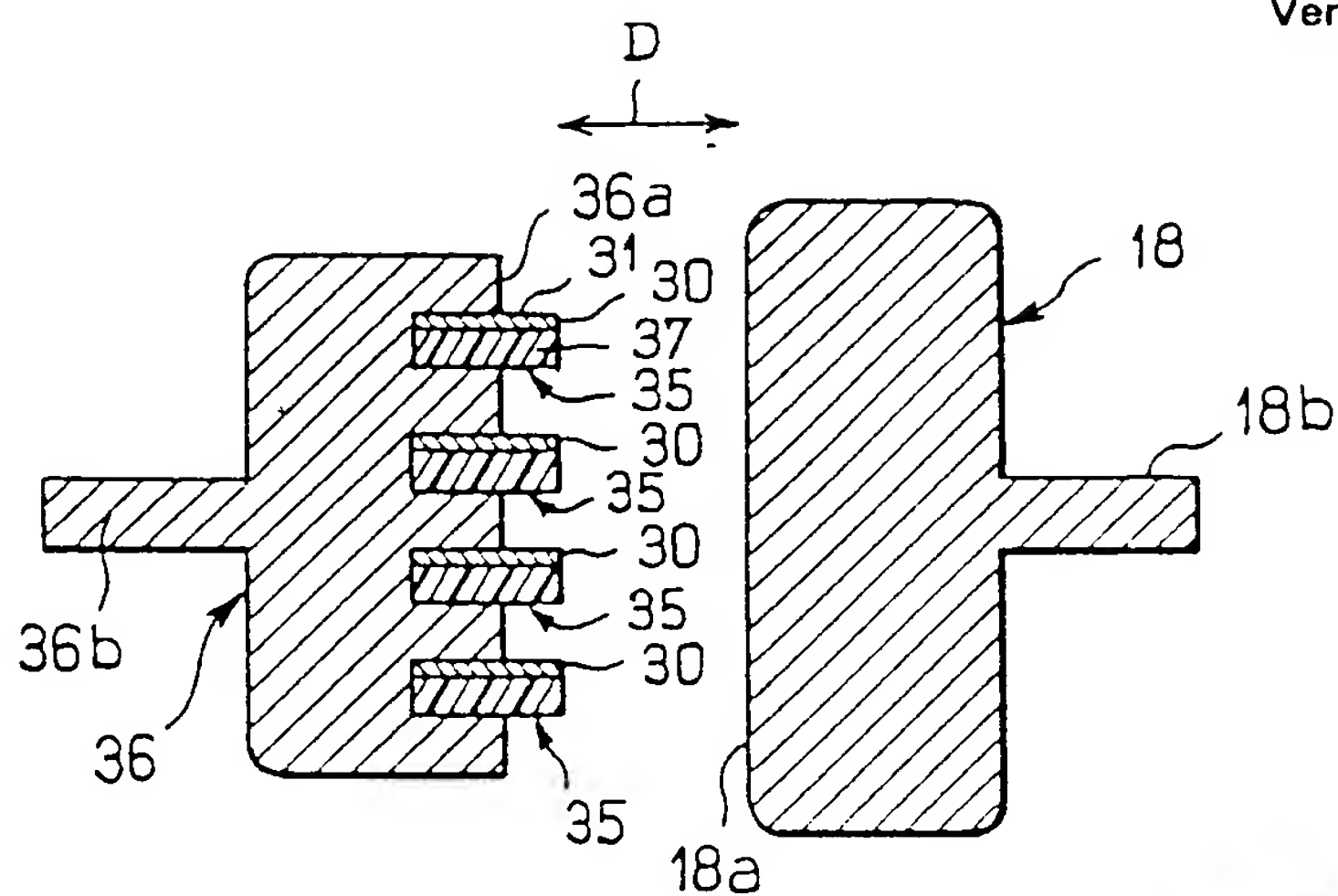


FIG. 6A

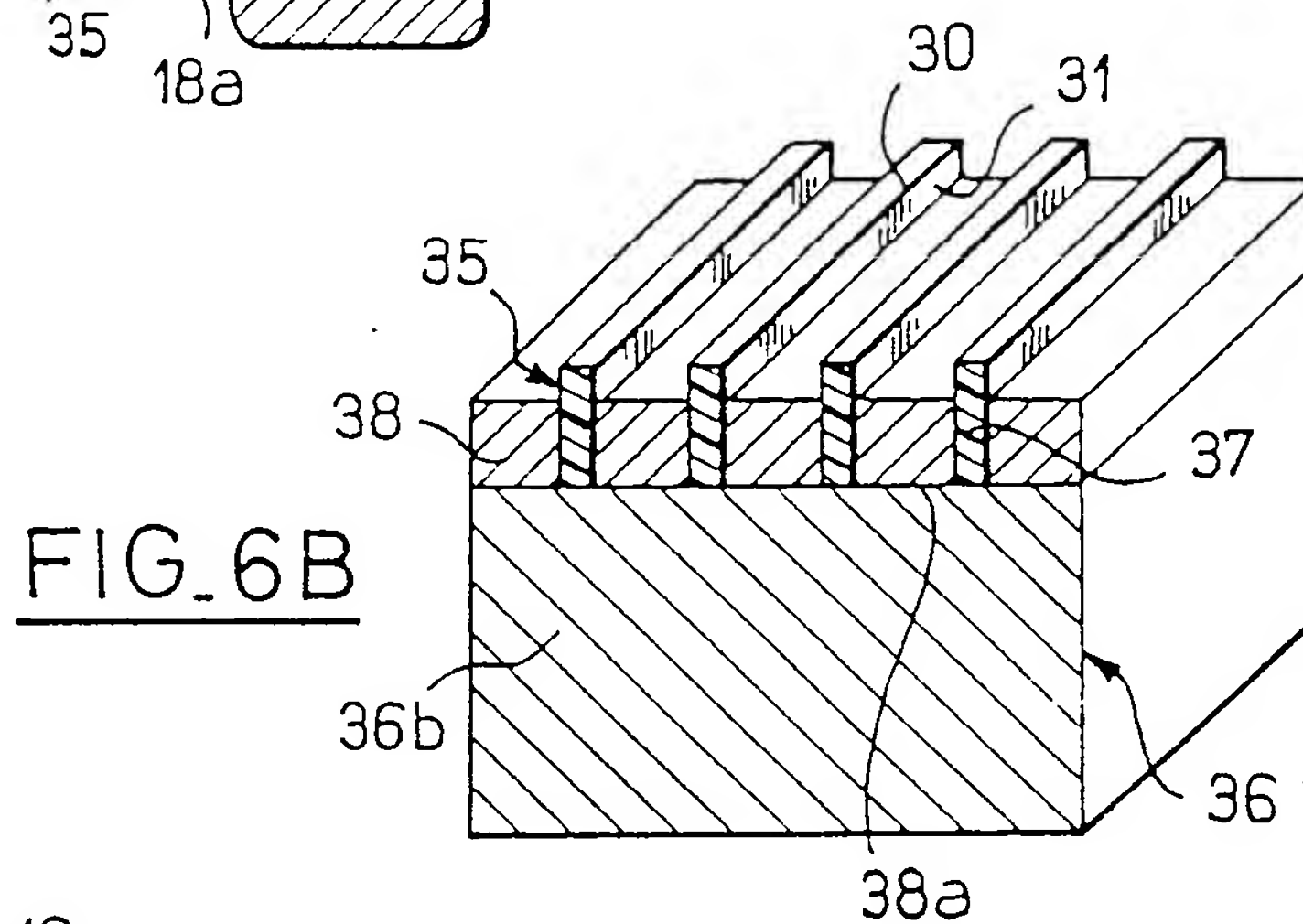


FIG. 6B

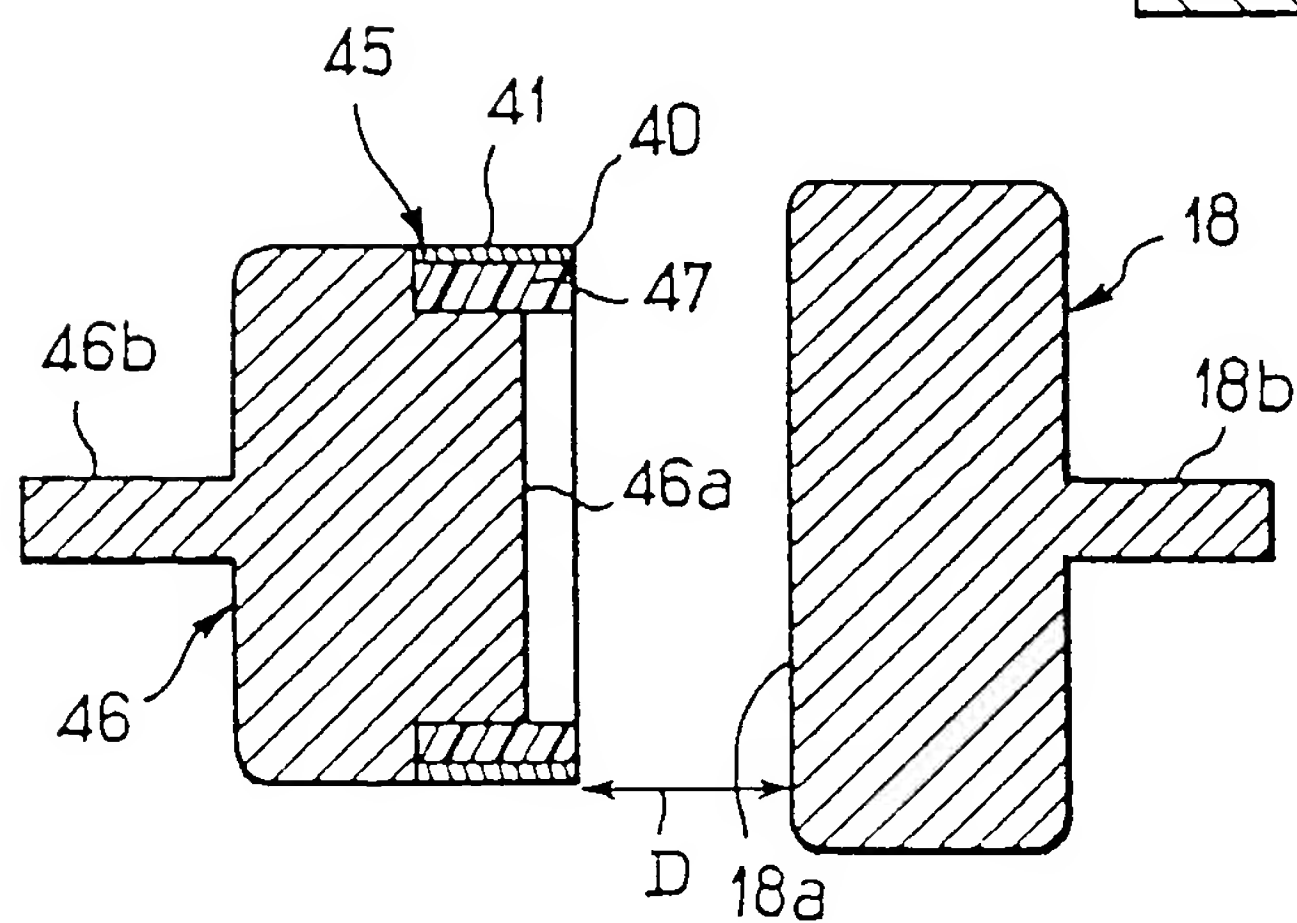


FIG. 7

FIG. 8

